

補助事業番号 2019M-158

補助事業名 2019年度「フィルタレス血液分離用マイクロ流体デバイス」接合技術の開発補助事業

補助事業者名 大阪工業大学 工学部 機械工学科 講師・横山 奨

1 研究の概要

従来のマイクロ流体デバイスでは、シリコーンゴムの一種であるポリジメチルシロキサン(PDMS)を用いたソフトリソグラフィによる作製工程が主流となっている。しかし、PDMSには異物が吸着しやすく、長期保存が困難であるなどの欠点がある。また、ソフトリソグラフィは自動化に不向きな工程が多く、量産には向いていない。そのため、安価で透明度が高く、機械的剛性が良いアクリル(PMMA)を用いたマイクロ流体デバイスの量産技術が求められている。

本研究では、固相拡散接合装置を開発し、マイクロ流体デバイスに応用可能な変形を最小限に抑制した接合条件を確立した。

2 研究の目的と背景

マイクロ流体デバイスでは、透過性、柔軟性に優れたシリコーンゴムの一種であるポリジメチルシロキサン(PDMS)を用い、ソフトリソグラフィや微細($\sim 10 \mu\text{m}$)な流路だとフォトリソグラフィによりモールドを作製し、酸素プラズマ処理による表面処理で接合する作業工程が主流となっている。しかし、PDMSには異物が吸着しやすく、長期保存が困難であるなどの欠点がある。さらに、フォトリソグラフィは自動化に不向きな工程が多く、量産には向いていない。

そこで、アクリル樹脂(PMMA)に着目した。PMMAは安価で、透明度が高く、機械的剛性が良く、ボールペンやコップなどの身近な日用品から、水族館の水槽や潜水調査船の窓などの特殊な用途まで幅広い用途で用いられ、様々な場面で活用されているためである。PMMA製デバイスの作製方法としては、PMMA平板に流路を切削し、接着剤により平板と接合する作業工程が実用化されている。しかし、流路幅が1 mm以下の流路になると、接合する際に有機溶媒が流路に入り込み閉塞してしまうこと事例が報告されている。また、Organ-on-a-chipなどのバイオ用マイクロ流体デバイスでは、細胞に悪影響を与えるため、有機溶媒の使用は難しい。

本研究では、母材を溶かすことなく接合界面を一体化する拡散接合によるマイクロ流体デバイス接合技術を確立した。

3 研究内容

(1) 固相拡散接合装置の開発

「フィルタレス血液分離用マイクロ流体デバイス」接合技術としての固相拡散接合技術を確立するために、マイクロ流体デバイス用の固相拡散接合装置を設計・開発した。固相拡散接合には高精度な温度制御と圧力制御を同時に行う必要がある。そこで、前述の条件を満たす新たな固相拡散接合装置を設計・開発した(図1)。

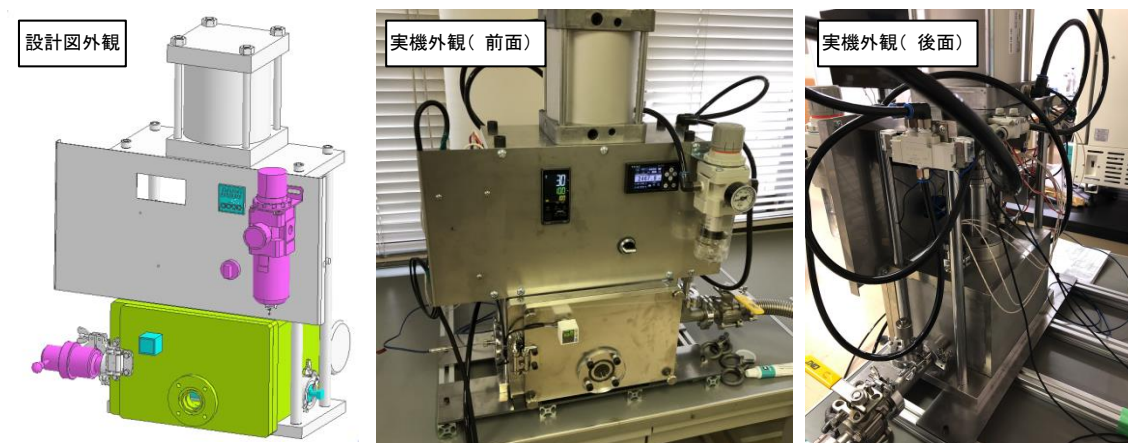


図1 設計・開発した固相拡散接合装置

(2) マイクロ流体デバイスへの応用

本事業で開発した固相拡散接合装置を用いて作製したアクリル樹脂製マイクロ流体デバイスを、図2に示す。接合面の透明度は極めて高く、流路内部が閉塞されることなく流体が通過可能であることを確認している。

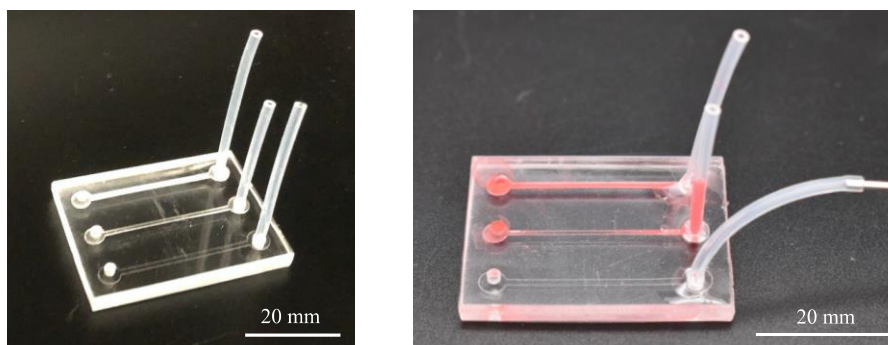


図2 固相拡散接合装置を用いて作製したアクリル樹脂製デバイス

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

従来のマイクロ流体デバイス製造プロセスでは、10日以上製作期間と多額の製造コストが必要である。また、フォトマスク自体が高コストであるため、現場の要望に合わせて柔軟にデバイスのデザインを変更することは不可能である。さらに、PDMSチップを鋳型から離型する作業は機械化が困難であり大量生産が難しい。このため、手作業による少数生産しか行えず、マイクロ流体デバイスの有効性は理解されつつも一部の研究現場で使用されるに留まっている。

本技術の実用化により、従来よりも格段に安価かつ迅速に医療用マイクロ流体デバイスの量産実現など、広く社会にマイクロ流体デバイスが普及することが期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者は、これまでマイクロ流体デバイスに関する様々な研究を実施してきたが、基本的には新しいデバイス開発に主眼を置いており、実用化を考慮したことはなかった。開発したデバイスは、研究者などに提供していたが、市販化などは想定しておらず生産コストなども非常に高いデバイスとなっていた。

本研究では視点を改め、マイクロ流体デバイスを使った社会貢献のために、如何に実用化・市販化していくかという課題に取り組んだ研究と言える。このような、今までの研究の方向性と異なる研究を実施する機会はなかなか得難く、このような新たな研究展開を可能にする機会をいただいた公益財団法人JKAの多大なるご支援に対して感謝申し上げます。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

固相拡散接合装置

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪工業大学工学部（オオサカコウギョウダイガクコウガクブ）

住 所： 〒535-8585

大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号

（オオサカフオオサカシアサヒクオオミヤ）

担 当 者： 横山奨（ヨコヤマショウ）

担 当 部 署： 工学部機械工学科（コウガクブキカイコウガクカ）

E - m a i l: sho.yokoyama@oit.ac.jp

U R L: <http://www.oit.ac.jp/med/~yokoyama/mflab/index.html>